

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平4-194634

⑬ Int.Cl.<sup>5</sup>

G 01 L 5/16  
1/18

識別記号

庁内整理番号

8803-2F  
8803-2F

⑭ 公開 平成4年(1992)7月14日

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全7頁)

⑮ 発明の名称 力・モーメント検出装置

⑯ 特 願 平2-326987

⑰ 出 願 平2(1990)11月27日

⑱ 発 明 者 森 本 英 夫 奈良県大和郡山市池沢町172 ニッタ株式会社奈良工場内

⑲ 出 願 人 ニッタ株式会社 大阪府大阪市中央区本町1丁目8番12号

⑳ 代 理 人 弁理士 辻 本 一 義

明 細 書

1. 発明の名称

力・モーメント検出装置

2. 特許請求の範囲

1. 機械的変形により電気抵抗が変化する4個の検出素子を直線上に備えた単結晶基板(2)と、中心部と周辺部のいずれか一方を支持部とし、他方を作用部とした起歪体(1)とから構成されており、前記検出素子の配列線が起歪体(1)の中心線(L1)と一致するように、単結晶基板(2)が起歪体(1)の表面に接着固定された力・モーメント検出装置に於いて、

各検出素子が、同じ電気抵抗値である検出素子(R<sub>1</sub>)、(R<sub>2</sub>)をそれぞれ所定の間隔で直列接続させて成るものとし、起歪体(1)の中心線(L1)と一致させる線を、前記検出素子(R<sub>1</sub>)、(R<sub>2</sub>)間の中央線(L2)としたことを特徴とする力・モーメント検出装置。

2. 起歪体(1)の中心線(L1)を、仮想軸(X)とこれと直交する仮想軸(Y)とから構成したことを特徴とする請求項1記載の力・モーメント検出装置。

3. 検出素子を、ピエゾ抵抗素子により構成したことを特徴とする請求項1又は2記載の力・モーメント検出装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この出願の発明は、ロボットの力覚センサ等として使用される力・モーメント検出装置に関するものである。

(従来の技術)

従来、この種の検出装置として、半導体の単結晶基板を利用して力乃至モーメントを検出する装置が知られており、例えば、第9図及び第10図に示すようなものがある。

このものは、同図に示すように、機械的変形により電気抵抗が変化する4個の検出素子(R<sub>1</sub>)(R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub>、R<sub>4</sub>とする)を直線上に備え

た単結晶基板(2)と、中心部と周辺部のいずれか一方を支持部とし、他方を作用部とした起歪体(1)とから構成されており、前記検出素子(R)の配列線が起歪体(1)の中心線(L1)と一致するように、単結晶基板(2)が起歪体(1)の表面に接着固定してある。

このものでは、上記起歪体(1)の作用部に外力(機械的外力)が加わると、第11図に示すように、単結晶基板(2)の検出面が変形すると共にこれに配設された各検出素子(R)が変形してこれの電気抵抗が変化(引張方向の歪みが検出素子(R)に加われば抵抗値は増加し、圧縮方向の歪みが検出素子(R)に加われば抵抗値は減少する)することとなる。したがって、4個の検出素子(R)をそれぞれ、第12図に示す如く電気的にブリッジ接続すると、前記抵抗変化を電圧変化として検出することができ、検出素子(R)の配列線と直交する軸回りのモーメント $M_x$ を出力電圧として検出できる。

尚、モーメント $M_x$ による出力電圧 $V_{xx}$ は、

$$V_{xx} = \frac{R_{x1} \cdot R_{x3} - R_{x2} \cdot R_{x4}}{R_{x1} + R_{x2} + R_{x3} + R_{x4}} \times I$$

となる。(Iは電流値を示す)

ところが、上記力・モーメント検出器では、単結晶基板(2)を起歪体(1)の表面に接着固定するに際して、検出素子(R)の配列線と起歪体(1)の中心線(L1)とを完全に一致させることは非常に困難であり、自動・手動にかかわらず、 $\pm 100 \mu m$ 程度の取付け誤差が生じてしまう。この取付け誤差は、モーメントの検出誤差となる。即ち、検出素子 $R_{x1}$ について考えると、

検出素子 $R_{x1}$ が起歪体の中心線(L1)上にあれば、検出素子 $R_{x1}$ の歪み量は極大値となるが、検出素子 $R_{x1}$ が中心線(L1)からズレると前記歪み量はズレ量に対応して極大値からはずれることになる。ここで、

$$\frac{\Delta R}{R} = G \cdot \epsilon$$

$\Delta R$  : 抵抗値変化量

$R$  : 歪みが加わっていないときの抵抗値

$G$  : ゲージ率

$\epsilon$  : 歪み量

であることから、検出素子 $R_{x1}$ の抵抗値変化量は歪み量に比例する。即ち、中心線(L1)と直交する方向のズレに対応して検出素子 $R_{x1}$ の抵抗値は減少する。このことは他の検出素子 $R_{x2}$ 、 $R_{x3}$ 、 $R_{x4}$ について同じことがいえる。したがって、中心線(L1)からのズレに対応してモーメント $M_x$ による電圧変化 $V_{xx}$ は小さくなる。

〔発明が解決しようとする課題〕

そこで、この出願の発明では、検出素子の配列線と起歪体の中心線とが一致していなくても、モーメントの検出精度が極端に低下しない力・モーメント検出器を提供することを課題とする。

〔課題を解決するための手段〕

この出願の発明では、機械的変形により電気抵抗が変化する4個の検出素子を直線上に備えた単結晶基板(2)と、中心部と周辺部のいずれか一

方を支持部とし、他方を作用部とした起歪体(1)とから構成されており、前記検出素子の配列線が起歪体(1)の中心線(L1)と一致するように、単結晶基板(2)が起歪体(1)の表面に接着固定された力・モーメント検出装置に於いて、

各検出素子が、同じ電気抵抗値である検出素子( $R_a$ )、( $R_b$ )をそれぞれ所定の間隔で直列接続させて成るものとし、起歪体(1)の中心線(L1)と一致させる線を、前記検出素子( $R_a$ )、( $R_b$ )間の中央線(L2)としている。

〔作用〕

この出願の発明は次の作用を有する。

検出素子( $R_a$ )と検出素子( $R_b$ )間の中央線(L2)と起歪体(1)の中心線(L1)とが $\Delta x$ だけ( $\Delta x$ は検出素子( $R_a$ )と検出素子( $R_b$ )間の半分の長さよりも小)ずれた場合、適性に位置された場合と比較して、検出素子( $R_a$ )の歪は $\Delta \epsilon$ だけ増加し、検出素子( $R_b$ )は $\Delta \epsilon$ だけ減少する。したがって、検出素子( $R_a$ )、( $R_b$ )に歪が加わっていないときの抵抗値を

$R_2$  とすると、歪が加わったときの  $R'_1$ 、 $R'_2$  は、

$$R'_1 = R_1 - \Delta R_1$$

$$R'_2 = R_2 - \Delta R_2$$

となり、これらは直列接続されていることから全体抵抗は、 $R'_1 + R'_2 = 2R_2 + (\Delta R_1 - \Delta R_2)$  となる。

他方、従来の力・モーメント検出器では、検出素子の配列線が起歪体(1)の中心線(L1)から  $\Delta x$  だけずれると、 $\epsilon_{xx}$  は  $\Delta \epsilon_{xx}$  だけ減少する。したがって、検出素子( $R_2$ )に歪が加わっていないときの抵抗値を  $R_1$  とすると、

$$R'_2 = R_1 - \Delta R_2 \text{ となる。}$$

ここで、 $\Delta R_1 \approx \Delta R_2 \approx \Delta R_3$ 、 $R_1 \approx R_2$  と近似することができるので上記した  $\Delta x$  だけのズレによる検出素子の抵抗値の変化の比率は、

$$\frac{\Delta R_1 - \Delta R_2}{2R_2} < \frac{\Delta R_2}{R_1}$$

である。

以下、この発明の要部である力・モーメント検出器(D)について詳述する。

上記力・モーメント検出器(D)は、第2図に示すように、起歪体(1)と、検出素子を含んだ単結晶基板(2)と、前記単結晶基板(2)の全域を覆うカバー(3)とから構成されている。

起歪体(1)は、第2図に示すように、中央部をダイヤフラム部(11)とした皿状体(10)と、前記ダイヤフラム部(11)の底面中央部から突出させた軸部(12)とから構成されており、前記軸部(12)に外力が加わると皿状体(10)の上面が前記外力に応じて変形せしめられるようにしてある。そして、この起歪体(1)には、第3図に示す如く、単結晶基板(2)の配設位置の目安となる、手段の側に記載した中心線(L1)と対応する仮想軸(X)(Y)及び仮想軸(Z)を具備させてある。

単結晶基板(2)は、第3図に示すように、半導体により構成された板状のもので、仮想線(Y)に関連して検出素子( $R_{y1}$ )( $R_{y2}$ )( $R_{y3}$ )

このことは、全ての検出素子についても同様のことといえることから、中央線(L2)と起歪体(1)の中心線(L1)とのズレによる抵抗値の変化は従来のものよりも非常に小さなものとなる。

〔実施例〕

以下、この出願の発明の構成を一実施例として示した図面に従って説明する。

この実施例のものは、第1図に示すように、この出願の発明である力・モーメント検出器(D)をロボットハンド(9)の指部に使用したものであり、前記指部によって被挟持物(90)を挟持した場合において、力・モーメント検出器(D)に作用するモーメント及び力を検出電圧として検出し、指部による被挟持物への挟持力を制御するものである。この為、このものでは、前記検出電圧と比較される設定電圧器を具備させてあり、検出電圧が設定電圧以上となったときに、ロボットハンド(9)の指部による挟持力の増加を停止ならしめるようにしてある(設定電圧器等は図示せず)。

( $R_{x4}$ )を、前記仮想線(Y)と直交する仮想線(X)に関連して検出素子( $R_{x1}$ )( $R_{x2}$ )( $R_{x3}$ )( $R_{x4}$ )を、それぞれ配設してあり、更には、前記仮想線(X)と仮想線(Y)との間の仮想線(Z)上に検出素子( $R_{z1}$ )( $R_{z2}$ )( $R_{z3}$ )( $R_{z4}$ )を配設してある。

上記した検出素子( $R_{x1}$ )は、同図に示すように、検出素子( $R_{x11}$ )と検出素子( $R_{x12}$ )とを一定間隔で直列接続させて構成してあり、仮想線(Y)を手段の側に記載した中央線(L2)としてある。同様に、同図に示す如く、検出素子( $R_{y2}$ )を検出素子( $R_{y21}$ )と検出素子( $R_{y22}$ )から、検出素子( $R_{y2}$ )を検出素子( $R_{y21}$ )と検出素子( $R_{y22}$ )から、検出素子( $R_{y2}$ )を検出素子( $R_{y21}$ )と検出素子( $R_{y22}$ )から構成させている。

又、上記した検出素子( $R_{y1}$ )は、同図に示すように、検出素子( $R_{y11}$ )と検出素子( $R_{y12}$ )とを一定間隔で直列接続させて構成してあり、仮想線(X)を手段の側に記載した中央線(L2)

としてある。同様に、同図に示す如く、検出素子 ( $R_{y2}$ ) を検出素子 ( $R_{y21}$ ) と検出素子 ( $R_{y22}$ ) から、検出素子 ( $R_{y2}$ ) を検出素子 ( $R_{y21}$ ) と検出素子 ( $R_{y22}$ ) から、検出素子 ( $R_{y4}$ ) を検出素子 ( $R_{y41}$ ) と検出素子 ( $R_{y42}$ ) から構成させている。

即ち、上記検出素子 ( $R_{x11}$ ,  $R_{x12}$ ,  $R_{x21}$ ,  $R_{x22}$  又は  $R_{y11}$ ,  $R_{y12}$ ,  $R_{y21}$ ,  $R_{y22}$ ,  $R_{y41}$ ) は手段の欄に記載した検出素子 ( $R_x$ ) と対応し、検出素子 ( $R_{x12}$ ,  $R_{x22}$ ,  $R_{x32}$ ,  $R_{x42}$  又は  $R_{y12}$ ,  $R_{y22}$ ,  $R_{y32}$ ,  $R_{y42}$ ) は手段の欄に記載した検出素子 ( $R_y$ ) と対応するのである。尚、上記した全ての検出素子はビエゾ抵抗素子が採用されており、検出素子に生じた歪を電気抵抗の変化に変えて電気信号として出力するものである。

上記した単結晶板 (2) を起歪体 (1) に接着固定する際には、仮想軸 (X) を仮想線 (x) に、仮想軸 (Y) を仮想線 (y) に、仮想軸 (Z) を仮想線 (z) に極力一致させるようにして行う

が、従来の技術の欄にも記載したように、仮想軸 (X) と仮想線 (x) 間等にズレが生じる。

このズレによる検出誤差は従来の技術の欄のものと比較すると以下の通りである。

①. 仮想線 (y) が仮想軸 (Y) に一致した場合 (第4図参照) (実際には一致させることは困難であるが後述①の参考のため記載しておく)

起歪体 (1) に仮想軸 (X) の軸回りモーメント  $M_x$  を加えたときの検出素子 ( $R_{x11}$ ), ( $R_{x12}$ ) の歪は、 $\varepsilon_{x11} = \varepsilon_{x12} = \varepsilon_x$  となる。

②. 仮想線 (y) が仮想軸 (Y) に対して仮想軸 (X) の方向にズレている場合

検出素子 ( $R_{x11}$ ) と検出素子 ( $R_{x12}$ ) の間隔を  $2d$  し、検出素子 ( $R_{x11}$ ), ( $R_{x12}$ ) が仮想軸 (X) 方向に  $\Delta x$  だけ ( $\Delta x$  は  $d$  よりも小) ズレると、 $\varepsilon_{x11}$  は  $\Delta \varepsilon_1$  だけ増加し、 $\varepsilon_{x12}$  は  $\Delta \varepsilon_2$  だけ増減するので、検出素子 ( $R_{x11}$ ) の抵抗値は  $\Delta R_1$  増加し、検出素子 ( $R_{x12}$ ) の抵抗値は  $\Delta R_2$  減少する。検出素子 ( $R_{x11}$ ), ( $R_{x12}$ ) に歪が加わっていないときの抵抗値を

$R_x$  とすると、

$$R'_{x11} = R_x + \Delta R_1$$

$$R'_{x12} = R_x - \Delta R_2 \quad (\text{第5図参照})$$

となり、これらは直列接続状態にあるから、抵抗は  $R'_{x11} + R'_{x12} = 2R_x + (\Delta R_1 - \Delta R_2)$  となる。

従来の力・モーメント検出器では、検出素子 ( $R_{x1}$ ) が仮想軸 (Y) から  $\Delta x$  だけズレた場合、 $\varepsilon_{x1}$  は  $\Delta \varepsilon_1$  だけ減少する。検出素子 ( $R_{x1}$ ) に歪が加わっていないときの抵抗値を  $R_1$  とすると、

$$R'_{x1} = R_1 - \Delta R_1 \quad (\text{第6図参照})$$

ここで、 $\Delta x$  が小さい場合 ( $\pm 100 \mu\text{m}$  程度であるならば)、 $\Delta R_1 \approx \Delta R_2 \approx \Delta R_3$ ,  $R_1 \approx R_2$  と近似することができるので、仮想軸 (X) 方向に  $\Delta x$  だけズレることによる検出素子の抵抗値の変化の比率は

$$\frac{\Delta R_1 - \Delta R_2}{R_1} < \frac{\Delta R_3}{2R_2}$$

$$(\Delta x \text{ が小さい場合 } \Delta R_1 - \Delta R_2 \approx 0)$$

である。

上記のことは、検出素子 ( $R_{x2}$ ), ( $R_{x3}$ ), ( $R_{x4}$ ) についても同様のことがいえる。

したがって、モーメント  $M_x$  を検出する為の検出素子  $R_x$  が従来技術のものと同量ズレたとしても、ズレによる抵抗値の変化率は従来のものと比較して非常に小さなものとなる。

他方、この実施例のものでは、第7図に示すように、仮想軸 (Y) に関連する検出素子 ( $R_{y1}$ ), ( $R_{y2}$ ), ( $R_{y3}$ ), ( $R_{y4}$ ) 相互を電氣的にブリッジ接続してあり、又、検出素子 ( $R_{y1}$ )  $\cdots$  ( $R_{y4}$ ), 検出素子 ( $R_{x1}$ )  $\cdots$  ( $R_{x4}$ ) についても同様にブリッジ接続してある (図示せず)。

したがって、上記検出素子が従来と同量ズレた状態で起歪体 (1) に配置されたとしても、仮想軸 (X) の軸回りのモーメント  $M_x$ 、仮想軸 (Y) の軸回りのモーメント  $M_y$  と対応する出力電圧が精度の高いものとなり、その結果、この力・モ

特開平4-194634 (5)

ーメント検出器が使用された第1図に示すロボットハンド(9)の挟持力は設定値に非常に近いものとなる。

尚、上記実施例のものにかえて、第8図の如く、検出素子( $R_{x11}$ ,  $R_{x21}$ ,  $R_{x31}$ ,  $R_{x41}$ 又は、 $R_{y11}$ ,  $R_{y21}$ ,  $R_{y31}$ ,  $R_{y41}$ )・( $R_{x12}$ ,  $R_{x22}$ ,  $R_{x32}$ ,  $R_{x42}$ 又は、 $R_{y12}$ ,  $R_{y22}$ ,  $R_{y32}$ ,  $R_{y42}$ )を配置してもよい。

(発明の効果)

この出願の発明は、上述の如くの構成を有するものであるから、次の効果を有する。

この発明のものでは、中央線(L2)と起歪体(1)の中心線(L1)とのズレによる抵抗値の変化は従来のもよりも非常に小さなものとなるから、モーメントの検出精度が極端に低下しない力・モーメント検出器を提供できることとなる。

#### 4. 図面の簡単な説明

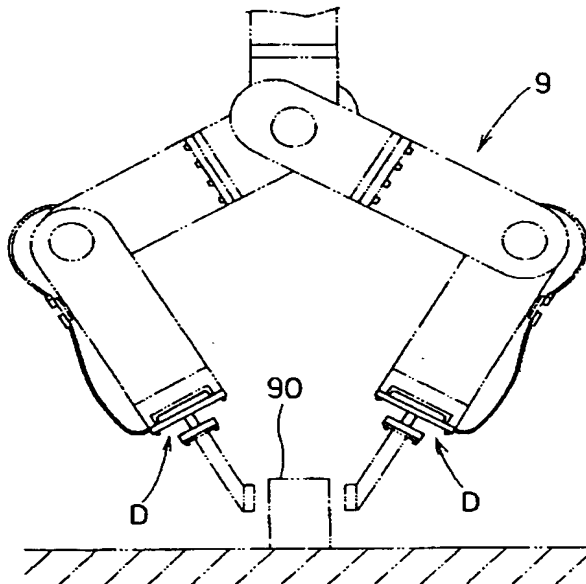
第1図はこの発明の検出器を使用したロボットハンドの説明図、第2図はこの発明の力・モーメント検出器の断面図、第3図は前記検出器の起歪

体と単結晶基板の説明図、第4図～第6図は前記検出器の作用の説明図、第7図は前記検出器の検出素子相互のブリッジ回路の説明図、第8図は他の実施例の説明図、第9図～第12図は従来技術の説明図であり、図中、

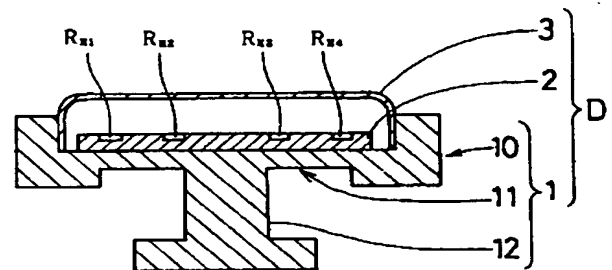
(L1) … 中心線 (L2) … 中央線  
( $R_x$ ) … 検出素子 ( $R_y$ ) … 検出素子  
(X) … 仮想軸 (Y) … 仮想軸  
(1) … 起歪体 (2) … 単結晶基板

代理人 弁理士 辻 本 一 義

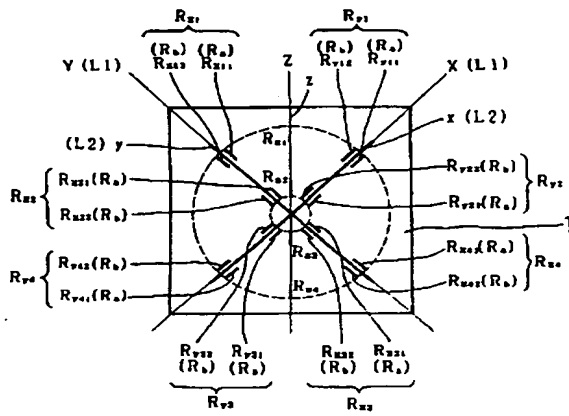
第1図



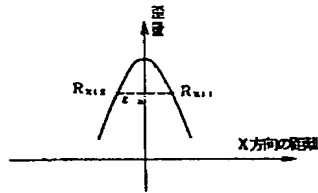
第2図



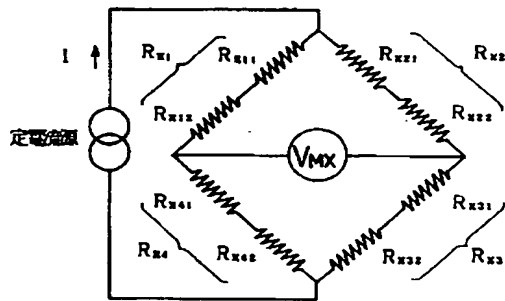
第3図



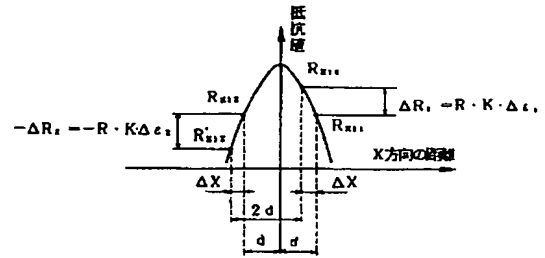
第4図



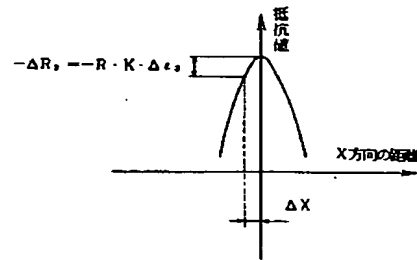
第7図



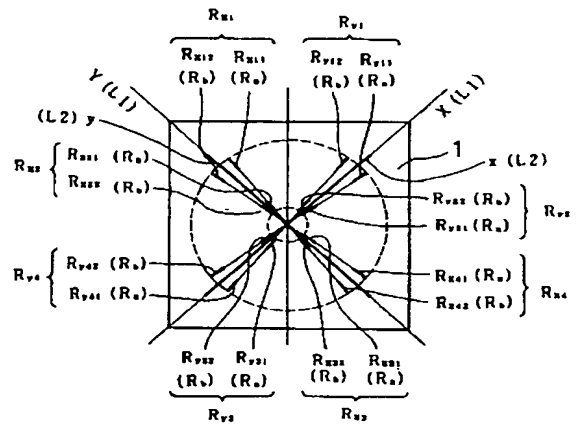
第5図



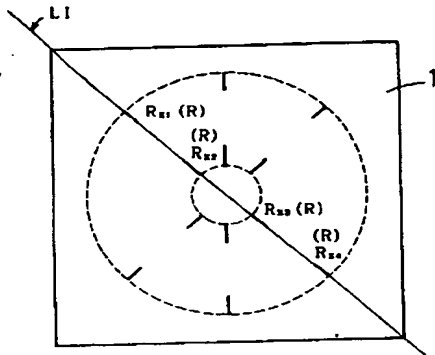
第6図



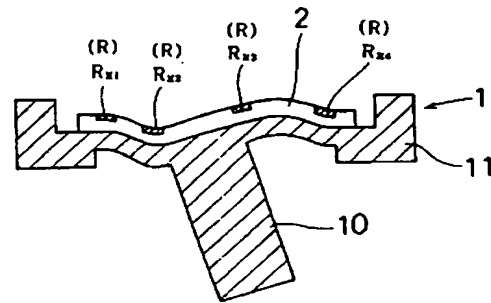
第8図



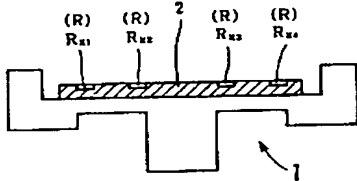
第9図



第11図



第10図



第12図

